

# Desain Modifikasi Gedung At-Tauhid Tower Universitas Muhammadiyah Surabaya dengan Menggunakan Balok Beton Pratekan pada Lantai Atap

Muhammad Ridho, Harun Al Rasyid, Candra Irawan  
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
e-mail: harun.ce.its@gmail.com

**Abstrak**—Gedung At-Tauhid Tower Universitas Muhammadiyah Surabaya yang ditinjau penulis merupakan gedung multifungsi yang terdiri dari 13 lantai dengan tinggi bangunan 48 meter. Dimana pada lantai 12 terdapat ruang pertemuan tanpa adanya struktur kolom di tengah ruangan dengan bentang balok sepanjang 12 meter. Sebagai solusi dari struktur ruang pertemuan tersebut maka diperlukan perencanaan balok beton pratekan. Perkembangan sistem beton pratekan yang semakin pesat dalam perencanaan gedung membutuhkan pertimbangan tertentu, untuk itu digunakan sistem post tension (pasca tarik) untuk kemudahan konstruksi pada gedung. Selain balok pratekan perencanaan juga memperhitungkan kondisi kegempaan yang ada. Berdasarkan identifikasi data tanah hasil uji Standart Penetration Test (SPT) dan Peta Hazard 2010, diketahui bahwa Kota Surabaya merupakan wilayah dengan jenis tanah sedang serta memiliki nilai respon spektra percepatan 0,2 detik sebesar 0,6g dan nilai Sds sebesar 0,528 sehingga masuk kondisi desain seismik D (KDS D). Dengan kondisi tanah yang masuk KDS D, maka struktur bangunan direncanakan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Desain struktur pada bangunan ini meliputi perhitungan struktur atas dan struktur bawah. Dimana struktur atas terdiri dari perhitungan kolom, balok, pelat lantai, tangga. Sedangkan struktur bawah terdiri dari perhitungan poer, dan fondasi. Untuk material dalam perencanaan struktur menggunakan mutu bahan:  $f_c' = 30$  Mpa,  $f_y = 400$  Mpa. Perhitungan yang dilakukan dalam tugas akhir ini mengacu pada peraturan yang ditetapkan pada SNI 2847-2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa, dan SNI 1727-2013 untuk beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain. Dari perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, gaya pratekan yang didapat sebesar 2000 kN dengan kehilangan gaya pratekan sebesar 23,50%. Dan selanjutnya akan dituangkan dalam bentuk laporan perhitungan struktur dengan disertai gambar teknik yang dapat dijadikan acuan dalam pembangunan.

**Kata Kunci**—At-Tauhid Tower, Beton Pratekan, SRPMK.

## I. PENDAHULUAN

**M**ODIFIKASI yang akan dilakukan adalah perubahan bentang balok beton bertulang menjadi balok beton pratekan untuk meningkatkan panjang bentang dengan dimensi penampang yang relative kecil. Pada umumnya balok beton bertulang hanya mampu mencapai panjang maksimal 8 m, tetapi dengan modifikasi menjadi balok beton pratekan bentang balok menjadi lebih besar.

Beton pratekan merupakan teknologi konstruksi beton yang mengkombinasikan dua jenis bahan mutu tinggi yaitu beton dan baja dengan cara aktif yaitu dengan cara menarik baja tersebut dan menahannya ke beton, sehingga membuat beton dalam keadaan tertekan. Kombinasi aktif ini menghasilkan perilaku yang lebih baik dari kedua bahan tersebut. Kemampuan beton dalam menahan tarikan diperbaiki dengan memberikan tekanan, sementara kemampuannya menahan tekanan tidak dikurangi. Sehingga, beton pratekan merupakan kombinasi yang ideal dari dua bahan modern yang berkekuatan tinggi [1].

Tujuan secara rinci dari pembahasan tugas akhir ini yaitu:

1. Dapat menentukan *preliminary design* dari struktur primer dan sekunder.
2. Dapat menghitung pembebanan pada struktur tersebut.
3. Dapat memodelkan dan menganalisis struktur gedung dengan menggunakan program bantu SAP 2000.
4. Dapat menentukan metode pelaksanaan balok beton pratekan.
5. Dapat merencanakan balok beton pratekan yang memenuhi kriteria perancangan struktur.
6. Dapat merencanakan pondasi yang sesuai dengan beban yang dipikul.
7. Dapat menuangkan hasil perhitungan dalam bentuk gambar desain.

## II. METODOLOGI

### A. Umum

Sebelum mengerjakan penelitian, maka perlu disusun langkah – langkah pengerjaan sesuai dengan uraian kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaannya dimulai dari pengumpulan data, sampai tujuan akhir dari analisa.

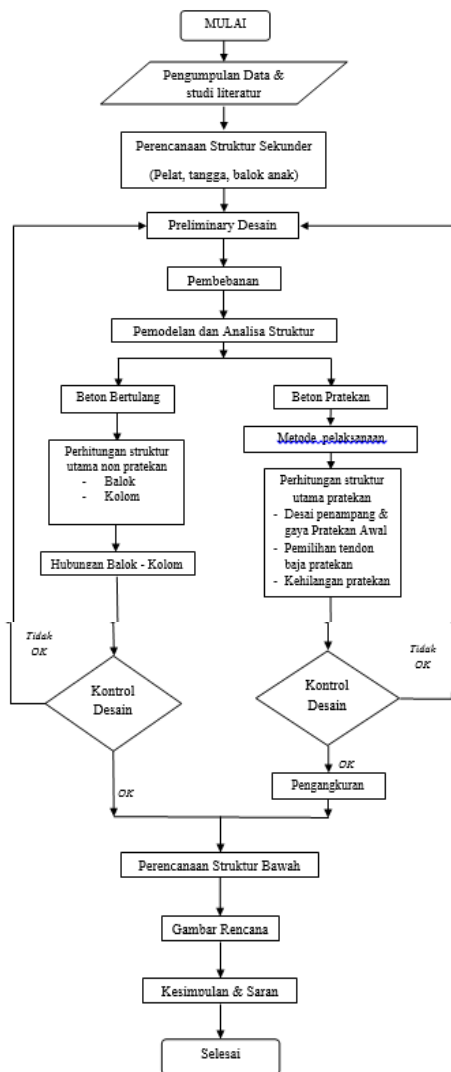
### B. Bagan Alir Penyelesaian Penelitian

Lingkup pekerjaan yang akan dilaksanakan dalam menyelesaikan penelitian ini akan diterangkan sesuai bagan alir pada Gambar 1.

### C. Pengumpulan Data

Data bangunan yang akan digunakan dalam pengerjaan penelitian ini yaitu:

- a. Tipe Bangunan = Gedung At-Tauhid Tower Universitas Muhammadiyah Surabaya.
- b. Lokasi = Jl Sutorejo No. 59 Surabaya
- c. Ketinggian Lantai = 4,0 m



Gambar 1. Bagan alir penyelesaian penelitian.

- d. Mutu Beton ( $f'_c$ ) = 40 Mpa  
 e. Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa

#### D. Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan dengan menggunakan beberapa peraturan mengenai perancangan beton pratekan dan struktur gedung secara umum yang akan sangat membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini. Desain modifikasi struktur ini ditinjau dengan menggunakan analisa respon dinamik dan menggunakan panduan peraturan perancangan struktur beton untuk bangunan gedung SNI 2847:2013 [2], perancangan ketahanan gempa SNI 1726:2012 [3] dan peraturan pembebanan PPIUG 1983 [4].

#### E. Kombinasi

Berdasarkan peraturan Badan Standardisasi Nasional (2013) Pasal 9.2.1, beban-beban yang dibebankan kepada struktur bangunan dibebankan kepada komponen struktur menggunakan kombinasi tertentu, sehingga struktur memenuhi syarat keamanan, antara lain [2]:

- 1,4 D (1)
- 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R) (2)
- 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (1,0L atau 0,5W) (3)
- 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr atau R) (4)
- 1,2D + 1,0E + 1,0L (5)
- 0,9D + 1,0W (6)

Tabel 1.  
Dimensi balok

| No. | Tipe            | Dimensi |
|-----|-----------------|---------|
| 1   | Balok Anak      | 30/40   |
| 2   | Balok Induk     | 40/70   |
| 3   | Balok Lift      | 40/60   |
| 4   | Balok Prategang | 50/80   |

Tabel 2.  
Dimensi pelat

| Tipe Pelat  | Ukuran  | Tebal |
|-------------|---------|-------|
| Lantai 1-12 | 400x600 | 120   |
| Lantai Atap | 400x600 | 120   |

0,9D + 1,0E

(7)

### III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### A. Perencanaan Dimensi (Preliminary Design)

Desain awal bangunan terdiri dari beberapa komponen, diantaranya dimensi balok, dimensi kolom, dimensi pelat, dan dimensi tangga.

##### 1) Dimensi Balok

Dasar perencanaan mengenai dimensi balok dapat dilihat pada Tabel 1.

- a. Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum ( $h$ ) menggunakan  $L/12$ .
- b. Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) selain 420 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum ( $h$ ) harus dikalikan dengan  $0,4 \times (f_y/700)$ .

Hasil perhitungan diperoleh tebal pelat yang dapat dilihat pada Tabel 2.

##### 2) Dimensi Kolom

Berikut adalah perhitungan dimensi kolom untuk K1, dengan beban yang diterima:

$$Q_d = 671726,03 \text{ kg}$$

$$Q_l = 65526 \text{ kg}$$

$$P_u = 1,2D + 1,6L$$

$$= 1,2(671726,03) + 1,6(65526)$$

$$= 910912,83 \text{ kg}$$

$$= 9109128,3 \text{ N}$$

$$A_g = \frac{P_u \times 3}{f'_c} = \left( \frac{9109128,3}{40} \right) = 6831,846 \text{ mm}^2$$

$$b = dd = \sqrt{A_g} = \sqrt{6831,846} = 826 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka kolom K1 yang dipakai adalah 80/80.

##### 3) Dimensi Pelat

Perencanaan desain pelat terdiri dari pelat satu arah dan pelat dua arah yang mendesainnya hanya menerima beban lentur saja. SNI 03– 2847–2002 Pasal 11.5.3.3. Untuk memenuhi syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan SNI 03–2847– 2002 Ps 11.5.3.3. Dari hasil perhitungan diperoleh tebal pelat yang dapat dilihat pada Tabel 2.

##### 4) Dimensi Tangga

Data perencanaan dimensi tangga seperti diuraikan di bawah ini:

- a. Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) = 30 Mpa
- b. Kuat leleh tulangan ( $f_y$ ) = 400 Mpa
- c. Tebal Pelat = 15 cm

Tabel 3.  
Penulangan pelat

| Tipe Pelat       | Elemen   | Arah Penulangan |   |       |          |   |       |
|------------------|----------|-----------------|---|-------|----------|---|-------|
|                  |          | Arah X          |   |       | Arah Y   |   |       |
|                  |          | $\theta$        | - | Jarak | $\theta$ | - | Jarak |
| Plat Lantai 1-12 | Tumpuan  | 10              | - | 200   | 10       | - | 250   |
|                  | Lapangan | 10              | - | 200   | 10       | - | 250   |
| Plat Atap        | Tumpuan  | 10              | - | 250   | 10       | - | 250   |
|                  | Lapangan | 10              | - | 250   | 10       | - | 250   |

Tabel 4.  
Rekapitulasi penulangan tangga

| Tipe Tangga | Elemen    | Arah Penulangan |   |       |          |   |       |
|-------------|-----------|-----------------|---|-------|----------|---|-------|
|             |           | Arah X          |   |       | Arah Y   |   |       |
|             |           | $\theta$        | - | Jarak | $\theta$ | - | Jarak |
| Tipe 1      | Pt-Tangga | 16              | - | 125   | 10       | - | 300   |
|             | Pt-Bordes | 16              | - | 200   | 10       | - | 300   |

Tabel 5.  
Rekapitulasi penulangan balok bordes

| Penulangan Balok Bordes 25/40 |    |    |          |            |    |       |
|-------------------------------|----|----|----------|------------|----|-------|
| Tarik                         | 2D | 16 | Tumpuan  | 2 $\theta$ | 10 | - 150 |
| Tekan                         | 2D | 16 | Lapangan | 2 $\theta$ | 10 | - 150 |

Tabel 6.  
Rekapitulasi penulangan balok lift

| Penulangan Balok Lift (BL) 40/60 |            |    |           |       |    |     |
|----------------------------------|------------|----|-----------|-------|----|-----|
| Gaya                             | Momen      |    |           | Geser |    |     |
| Dalam                            | 236.67 kNm |    | 132.17 kN |       |    |     |
| Tarik                            | 5D         | 22 | Tumpuan   | 2D    | 13 | 250 |
| Tekan                            | 3D         | 22 | Lapangan  | 2D    | 13 | 250 |

Tabel 7.  
Rekapitulasi penulangan balok anak

| Penulangan Balok Anak 30/40 |         |    |          |    |       |                   |
|-----------------------------|---------|----|----------|----|-------|-------------------|
|                             | Tumpuan |    | Lapangan |    | Geser |                   |
| Tarik                       | 4D      | 16 | 4D       | 16 | Tum   | 2 $\theta$ 10 150 |
| Tekan                       | 2D      | 16 | 2D       | 16 | Lap   | 2 $\theta$ 10 150 |

- Diameter tulangan lentur = 13 mm
- Tebal selimut beton = 40 cm
- Lebar injakan ( $i$ ) = 30 cm
- Tinggi injakan ( $t$ ) = 20 cm
- Tinggi tangga = 400 cm
- Tinggi bordes = 200 cm
- Panjang datar tangga = 300 cm

### B. Perhitungan Struktur Sekunder

#### 1) Perencanaan Penulangan Pelat

Pada analisa pelat Gedung parametrik ini menggunakan tebal 12 cm sesuai *preliminary* desain. Pada analisa perhitungan plat 2 arah yang ditinjau adalah pada pelat lantai ukuran 4m x 6m dengan fungsi ruang sebagai ruang hunian.

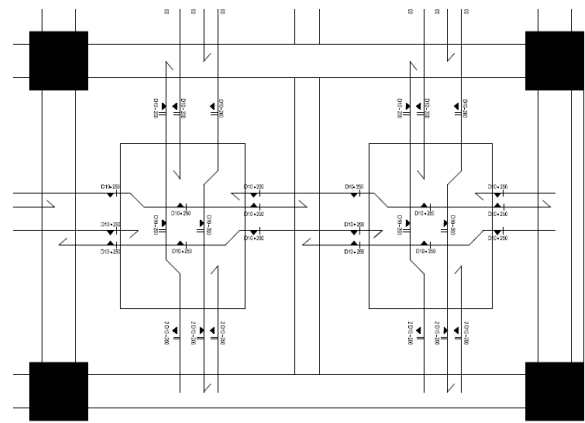
Hasil penulangan pelat atap dan pelat lantai ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 2.

#### 2) Perencanaan Penulangan Tangga dan Balok Bordes

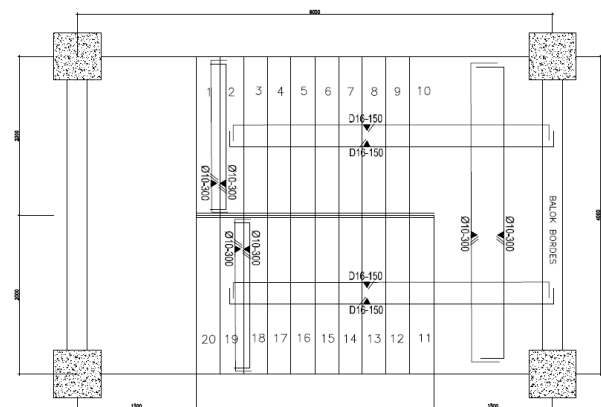
Penulangan pelat tangga dan balok bordes yang dipasang ditunjukkan pada Tabel 4-5 dan Gambar 3.

#### 3) Perencanaan Penulangan Balok Lift

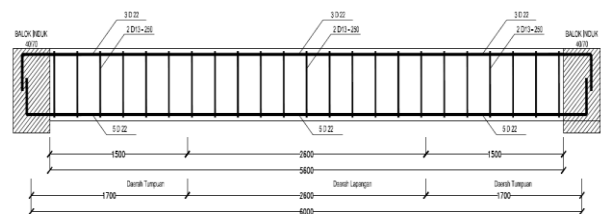
Perencanaan balok lift meliputi balok balok yang ada di sekeliling ruang lift maupun mesin lift. Balok balok tersebut diantaranya ialah balok penggantung lift dan balok penumpu lift. Lift yang digunakan pada perencanaan Tugas Akhir ini adalah lift yang diproduksi oleh *Hyundai elevator* dengan spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 2. Detail penulangan pelat.



Gambar 3. Penulangan tangga.



Gambar 4. Penulangan balok lift.

Kecepatan = 1 m/s

Kapasitas = 9 orang / 600 kg

Lebar pintu = 800 mm

Dimensi sangkar:

Outside = 1460 x 1295

Inside = 1400 x 1130

Hoistway = 3700 x 1710

Beban ruang mesin:

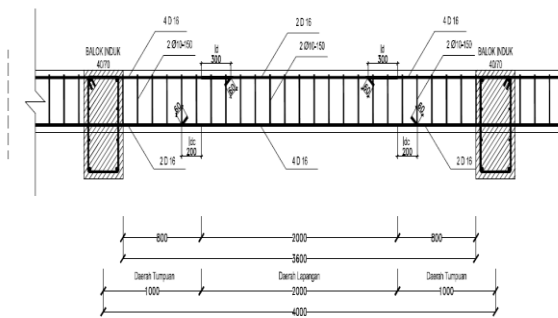
R1 = 4100 kg

R2 = 2450 kg

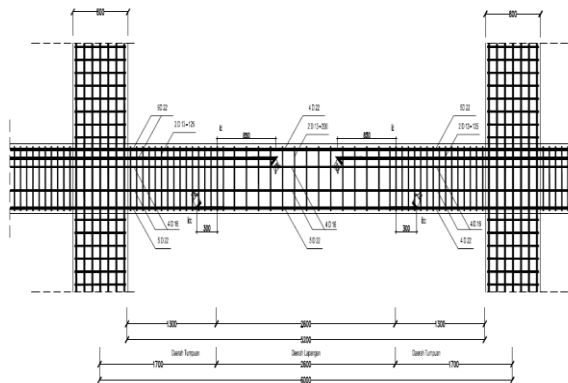
Dalam perencanaan struktur gedung ini dimensi balok lift yang digunakan adalah 40/60 untuk bentang 600 cm. Hasil penulangan balok lift dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 4.

#### 4) Perencanaan Penulangan Balok Anak

Balok anak merupakan struktur sekunder yang berfungsi sebagai pembagi/pendistribusi beban. Dalam perencanaan struktur gedung ini dimensi balok anak yang digunakan adalah 30/40 untuk bentang 600 cm. Hasil perhitungan perencanaan penulangan balok anak direpresentasikan pada Tabel 7 dan Gambar 5.



Gambar 5. Penulangan balok anak.



Gambar 6. Penulangan balok induk.

### C. Pembebanan dan Pemodelan Struktur

#### 1) Kombinasi Beban Berfaktor

Perhitungan dengan cara SNI 03 – 2847 – 2002 kombinasi yang digunakan adalah pasal 11.2:

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

$$U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E$$

$$U = 0,9 D + 1,0 E$$

Keterangan:

D = Beban mati

L = Beban hidup

E = Beban gempa

#### 2) Pembebanan Gempa

Data-data analisa gempa diperoleh dari SNI 03- 1726-2012 yang akan digunakan pada perancangan gedung adalah sebagai berikut [3]:

Kelas situs tanah = SD (tanah sedang)

Kategori Resiko = II

Faktor keutamaan = 1,0

Ss = 0,60 g

S1 = 0,20 g

#### 3) Periode Hasil Analisa Struktur

Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu dengan menggunakan spectrum respon gempa IBC 2006 yang typical dengan spectrum respon SNI-1726-2010. Dari hasil analisa struktur diperoleh periode alami fundamental gempa tertinggi sebesar  $T = 1,910$  detik. Periode tidak boleh melebihi  $C_u \times T_a$ .

$$T = 1,910 \text{ detik} < C_u \times T_a = 1,43 \times 1,5188 = 2,172 \text{ detik}$$

### D. Perhitungan Struktur Utama

#### 1) Perhitungan Penulangan Balok Induk

Data perencanaan

Dimensi balok (b balok) = 400 mm

Tabel 8.  
Rekapitulasi penulangan balok induk

| Tipe           | BI-1          |          |     | BI-2          |          |     |
|----------------|---------------|----------|-----|---------------|----------|-----|
| Dimensi        | 400           | x        | 700 | 400           | x        | 700 |
| Tumpuan Atas   | 7             | D        | 22  | 7             | D        | 22  |
| Tumpuan Bawah  | 4             | D        | 22  | 4             | D        | 22  |
| Lapangan Atas  | 5             | D        | 22  | 5             | D        | 22  |
| Lapangan Bawah | 4             | D        | 22  | 4             | D        | 22  |
| Torsi          | 4             | $\theta$ | 16  | 4             | $\theta$ | 16  |
| Geser Tumpuan  | 2 $\theta$ 13 | -        | 125 | 2 $\theta$ 13 | -        | 125 |
| Geser Lapangan | 2 $\theta$ 13 | -        | 200 | 2 $\theta$ 13 | -        | 200 |

Tabel 9.  
Rekapitulasi penulangan kolom

| Tipe           | K1            |   |     |
|----------------|---------------|---|-----|
| Dimensi        | 800           | x | 800 |
| Lentur         | 20            | D | 25  |
| Geser Tumpuan  | 4 $\theta$ 13 | - | 80  |
| Geser Lapangan | 2 $\theta$ 13 | - | 150 |

Dimensi balok (h balok) = 700 mm

Bentang balok (L) = 6000 mm

Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ ) = 30 Mpa

Kuat Leleh Tul. Lentur ( $f_y$ ) = 400 Mpa

Kuat Leleh Tul. Geser ( $f_{yv}$ ) = 400 Mpa

Diameter Tulangan Lentur = D22

Diameter Tulangan Geser = D13

Tebal selimut beton ( $t_{decking}$ ) = 40 mm. Dari hasil perhitungan diperoleh kebutuhan tulangan tumpuan, lapangan dan geser yang dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 6.

#### 2) Perhitungan Penulangan Kolom

Data perencanaan

Tinggi kolom = 4000 mm

b kolom = 800 mm

h kolom = 800 mm

Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa

Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$  lentur) = 400 Mpa

Kuat leleh tulangan geser ( $f_y$  geser) = 400 Mpa

Diameter tulangan lentur (D lentur) = 25 mm

Diameter tulangan geser ( $\theta$  geser) = 13 mm

Tebal selimut beton (decking) = 50 mm

Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) = 40 mm

Perhitungan penulangan kolom dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 7.

#### 3) Perhitungan Penulangan Balok Pratekan

Data perencanaan

Bentang balok (L balok) = 12000 mm

Dimensi balok (b balok) = 500 mm

Dimensi balok (h balok) = 800 mm

Kuat tekan beton balok ( $f_c'$ ) = 40 Mpa

Kuat tekan beton plat ( $f_c'$ ) = 30 Mpa

Kuat leleh tulangan lentur lunak ( $f_y$ ) = 400 Mpa

Kuatleleh tulangan geser ( $f_{yv}$ ) = 00 Mpa

Kuat leleh tulangan puntir ( $f_{yt}$ ) = 240 Mpa

Diameter tulangan lentur (D lentur) = 25 mm

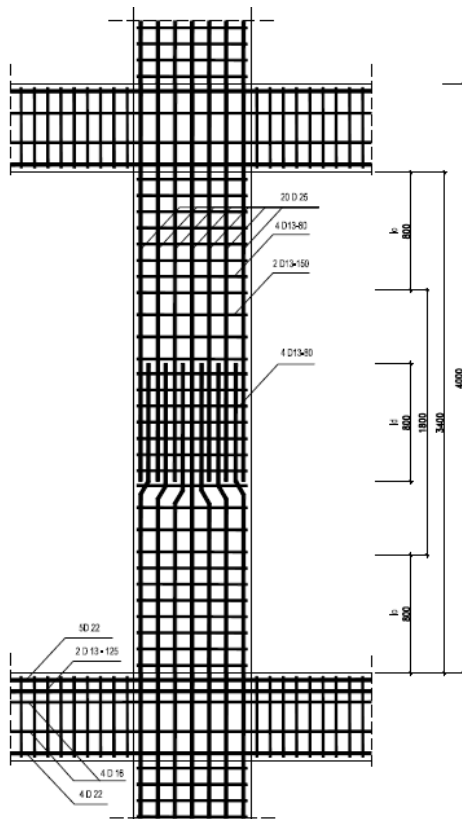
Diameter tulangan geser ( $\theta$  geser) = 10 mm

Diameter tulangan puntir ( $\theta$  puntir) = 16 mm

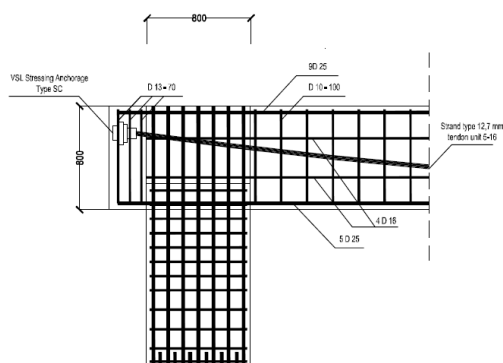
Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) = 25 mm

Tebal selimut ( $t_{decking}$ ) = 50 mm

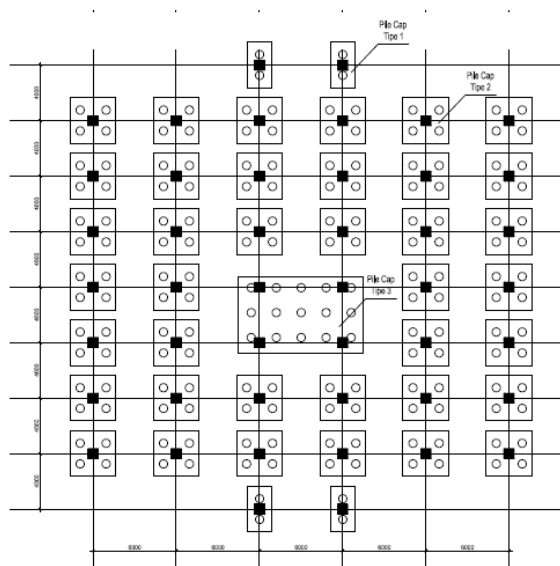
Perhitungan penulangan balok pratekan dapat dilihat pada Tabel 11 dan Gambar 8.



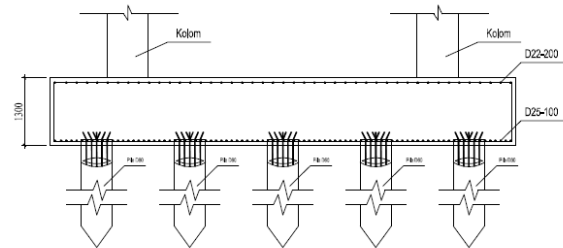
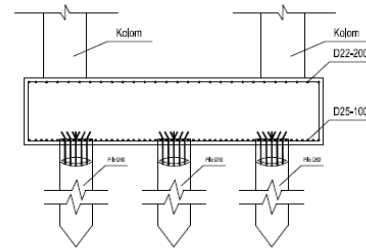
Gambar 7. Penulangan kolom.



Gambar 8. Penulangan balok pratekan.



Gambar 9. Denah pondasi.

01 POTONGAN A POER TIPE 3  
SKALA 1 : 10002 POTONGAN B POER TIPE 3  
SKALA 1 : 100

Gambar 10. Detail pondasi.

Tabel 10.  
Rekapitulasi penulangan kolom

| Type           | K1   |   |     |
|----------------|------|---|-----|
| Dimensi        | 800  | x | 800 |
| Lentur         | 20   | D | 25  |
| Geser Tumpuan  | 4Ø13 | - | 80  |
| Geser Lapangan | 2Ø13 | - | 150 |

Tabel 11.  
Rekapitulasi penulangan balok pratekan

| Type                            | BB1                             |   |     |
|---------------------------------|---------------------------------|---|-----|
| Dimensi                         | 500                             | x | 800 |
| Tumpuan Atas                    | 9                               | D | 25  |
| Tumpuan Bawah                   | 5                               | D | 25  |
| Lapangan Atas                   | 4                               | D | 25  |
| Lapangan Bawah                  | 6                               | D | 25  |
| Torsi                           | 4                               | Ø | 16  |
| Geser Tumpuan                   | 10                              | - | 100 |
| Geser Lapangan                  | 10                              | - | 150 |
| Jumlah Strands                  | 16 buah                         |   |     |
| Lekatan                         | Unbounded                       |   |     |
| Diameter (mm)                   | 12,7                            |   |     |
| Ap @ strands (mm <sup>2</sup> ) | 100,1                           |   |     |
| Duct (mm)                       | 84                              |   |     |
| Live end Anchorage              | VSL Stressing Anchorage Type Sc |   |     |
| Dead end Anchorage              | VSL Dead end Anchorage Type P   |   |     |
| Gaya Pratekan                   | 2000 kN                         |   |     |
| Kehilangan Pratekan             | 23,50%                          |   |     |

Tabel 12.  
Rekapitulasi penulangan tiang pancang

| Dimensi (cm)    |    | Jml |   | Penulangan Pile Cap (Ø 60 cm) |   |       |        |   |       |
|-----------------|----|-----|---|-------------------------------|---|-------|--------|---|-------|
|                 |    |     |   | Arah X                        |   |       | Arah Y |   |       |
|                 |    |     |   | Ø                             | - | Jarak | Ø      | - | Jarak |
| 180 x 330 x 90  | 2  | 22  | - | 22                            | - | 125   | 22     | - | 125   |
| 330 x 330 x 90  | 4  | 22  | - | 22                            | - | 125   | 22     | - | 125   |
| 540 x 900 x 130 | 15 | 25  | - | 25                            | - | 100   | 25     | - | 100   |

*E. Perhitungan Struktur Bawah*

Perhitungan pondasi tiang pancang

Data perencanaan

Kedalaman rencana = 18 m

Diameter tiang = 0,6 m

Tebal selimut beton = 65 mm

P. izin bahan = 229,5 Ton

Berat tiang = 393 kg/m

$F_c'$  = 35 Mpa

$F_y$  = 400 Mpa

Perhitungan penulangan tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 9-10.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini dapat ditarik beberapa ringkasan

data perencanaan diantaranya; (1) Dimensi struktur dengan komponen pelat: tebal pelat lantai 12 cm, tebal pelat atap 12 cm, kolom 80x80 cm, balok anak 30/40, balok lift 40/60, balok induk 40/70, balok pratekan 50/80; (2) Perhitungan gaya gempa menggunakan SNI-1726-2012 dengan mencari grafik gempa response spectrum berdasarkan zona gempa dan data tanah sesuai peraturan SNI-1726-2012.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Y. Lin and N. H. Burns, *Desain Stuktur Beton Prategang Jilid 2*. Batam: Interaksara, 2000.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSNI, 2013.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSNI, 2012.
- [4] Departemen Pekerjaan Umum, *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung (PPIUG)*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, 1983.